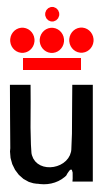
Comunicación entre procesos

Sistemas Operativos

Enrique Soriano

GSYC

6 de abril de 2022



Universidad
Rey Juan Carlos

IPC

- Los procesos necesitan comunicarse para sincronizarse, intercambiar información, etc.
- Existen distintos mecanismos de IPC para los procesos que no comparten memoria.

Pipe

- Estilo "Unix": pequeños programas (filtros) que leen datos por su entrada estándar, los procesan, y los escriben por su salida estándar.
- Los *pipes* nos permiten concatenar programas conectando la entrada de uno a la salida de otro.

Pipe

- Cada extremo del pipe se comporta como un fichero.
- Todo lo que se escribe en un extremo se lee en el otro.

Llamada al sistema: pipe

- `pipe`: crea un nuevo pipe. Se pasa array contendrá los dos FDs del pipe (uno para cada extremo). En Unix son *simplex*, se escribe en fd[1] y se lee de fd[0].
- Se debe crear antes de llamar a fork() para que ambos procesos lo compartan.

```
int pipe(int fd[2]);
```

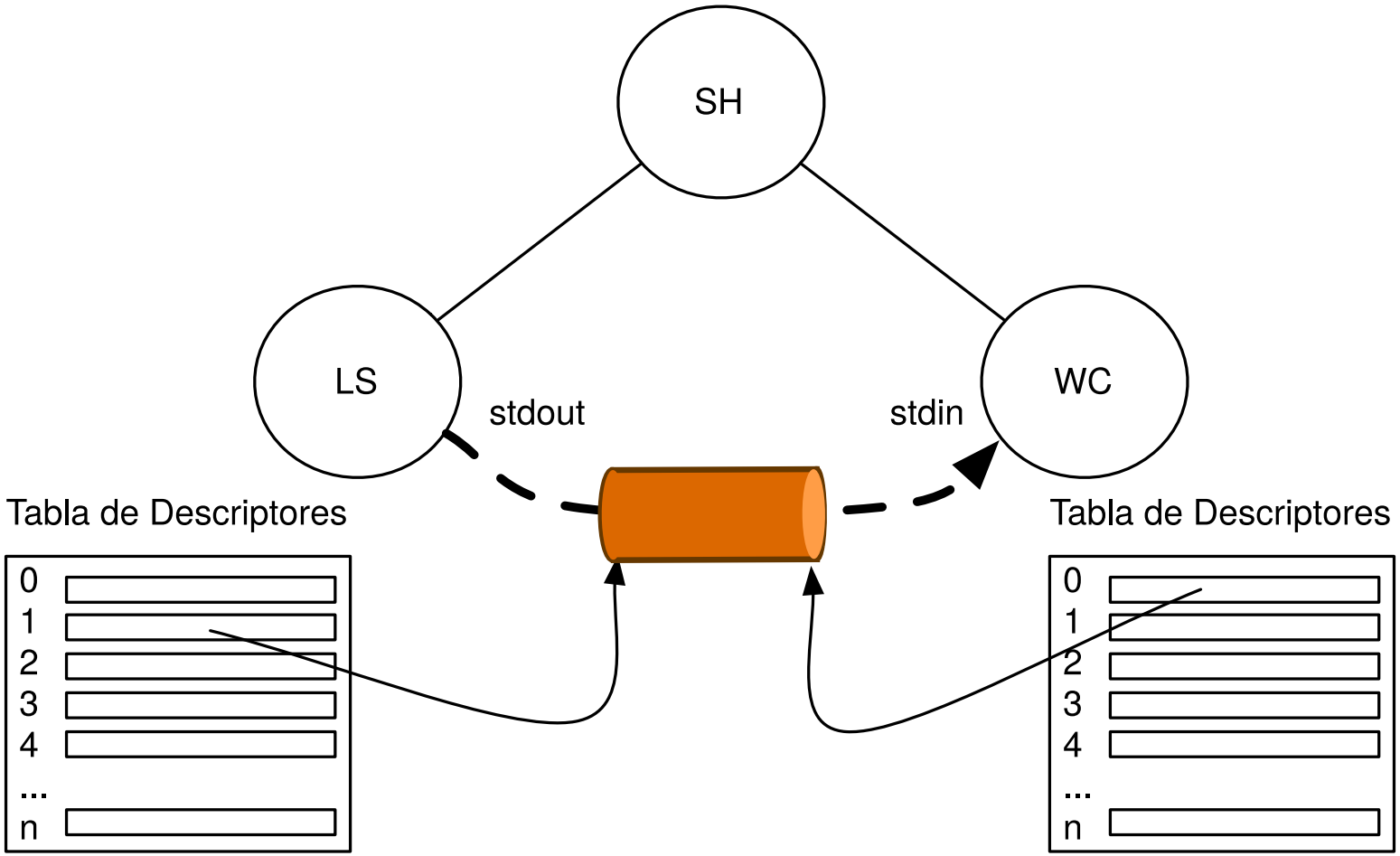
Llamada al sistema: pipe

- Debemos cerrar el extremo que no vamos a usar.
- En general, no se conservan los *límites de escritura*.
- Un pipe tiene un buffer limitado: se puede llenar.
- Leer de un pipe vacío te deja bloqueado.
- Escribir en un pipe lleno te deja bloqueado.
- Leer si no hay nadie al otro lado: retorna 0 bytes. No se puede diferenciar de un write() de 0 bytes.
- Escribir en un pipe sin nadie al otro lado: error.
- Ambos procesos deben leer/escribir en paralelo, no secuencialmente. ¿Qué pasa si se llena el pipe? $\rightarrow$ **interbloqueo**.

En el shell

P. ej.

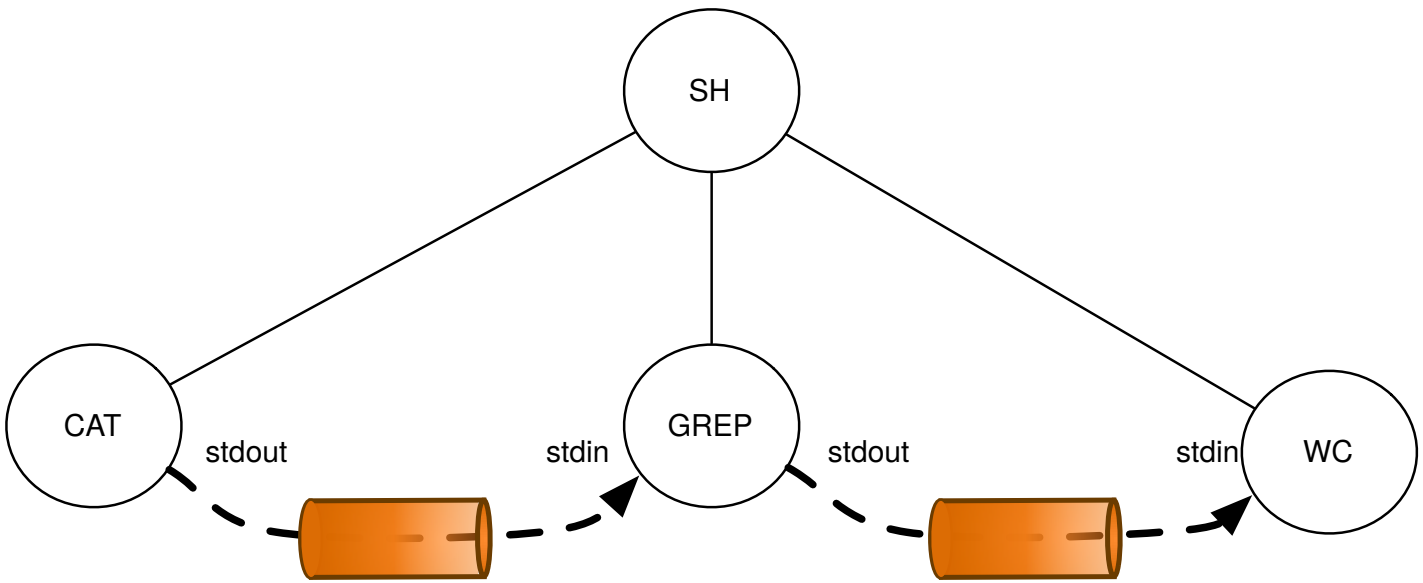
```
$> ls *.txt | wc -l
```



En el shell

P. ej.

```
$> cat *.txt | grep 'pepe' | wc -l
```



Fifo

- Son pipes con nombre: una ruta en el espacio de nombres. Se pueden crear en el shell con el comando `mkfifo`
- En el shell, se eliminan con `rm`. Si se borra, los que lo están usando lo pueden seguir usando (como cualquier fichero en este caso).

Fifo

- Se abren con `open`, como cualquier fichero, para leer o para escribir.
- Un `open` de solo-lectura deja bloqueado al proceso hasta que otro proceso abre el fifo para escribir en él. Si el fifo se borra mientras estás bloqueado, te quedas bloqueado de por vida.
- Se puede forzar una apertura no bloqueante (NON-BLOCKING).
- Un `open` **no bloqueante** de solo-escritura falla si no hay ningún proceso que tenga abierto el fifo para leer.

Fifo

Igual que los pipes:

- Cuando no hay ningún proceso que pueda escribir, se leen 0 bytes.
- Cuando no hay ningún proceso que pueda leer, una escritura falla (se recibe la señal SIGPIPE).

Llamada al sistema: mkfifo

- `mkfifo`: crea un fifo con los permisos indicados. El dueño/grupo es el UID/GID del proceso. Si el fifo ya existe, retorna error (-1).

```
int mkfifo(const char *path, mode_t mode);
```

Señales

- Son un mecanismo para notificar cosas a un proceso, o interrumpir su ejecución.
- Son difíciles de entender y usar.
- Pueden ser:
  - Síncronas: se entregan inmediatamente porque son consecuencia de su ejecución, el proceso está ejecutando. Suelen ser enviadas por el sistema como reacción al algo que ha hecho el proceso (p. ej. SIGSEGV).
  - Asíncronas: la señal se entregará y manejará cuando el proceso sea planificado. Suelen ser enviadas por otros procesos (p. ej. SIGINT, SIGSTOP).

Señales

- Cuando recibe una señal, el proceso puede ignorarla o manejarla (con la acción por omisión o definir el manejador).
- Las señales pueden anidarse.
- Hay distintas acciones por omisión dependiendo del tipo de señal:
  - Terminar el proceso.
  - Provocar un core dump y terminar el proceso.
  - Ignorar la señal.
  - Suspender el proceso.
  - Reanudar su ejecución.

Señales

Las señales más populares son:

- 1 SIGHUP, default action: terminate process, description: terminal line hangup (terminal connection lost)
- 2 SIGINT, default action: terminate process, description: interrupt program (ctrl-c in terminal)
- 3 SIGQUIT, default action: create core image , description: quit program (ctrl-\ in terminal)
- 4 SIGILL, default action: create core image, description: illegal instruction
- 8 SIGFPE, default action: create core image, description: floating-point exception
- 9 SIGKILL, default action: terminate process, description: kill program (cannot be ignored)
- 11 SIGSEGV, default action: create core image, description: segmentation violation
- 13 SIGPIPE, default action: terminate process, description: write on a pipe with no reader
- 14 SIGALRM, default action: terminate process, description: real-time timer expired
- 15 SIGTERM, default action: terminate process, description: software termination signal (e.g. shutdown)
- 17 SIGSTOP, default action: stop process, description: stop (cannot be caught or ignored)
- 18 SIGTSTP, default action: stop process, description: stop signal generated from keyboard
- 19 SIGCONT, default action: discard signal, description: continue after stop
- 20 SIGCHLD, default action: discard signal, description: child status has changed
- 30 SIGUSR1, default action: terminate process, description: User defined signal 1
- 31 SIGUSR2, default action: terminate process, description: User defined signal 2

```
man 7 signal
```

En el shell

- El comando `kill` envía una señal. Por omisión envía un SIGTERM.
  `$> kill -9 2324`
- El comando `killall` envía una señal a los procesos fijándose en su nombre.
- El comando `pkill` hace lo mismo, pero aplicando un patrón (expresión regular).

En el shell

¿Recuerdas el *job control*?

- Toda sesión tiene un terminal controlador (tty).
- Una sesión tiene distintos grupos de procesos. La sesión está liderada por un proceso. El SID (id de la sesión) es el PID del *proceso líder de la sesión*.
- Un grupo de procesos está liderado por un proceso. Un grupo de procesos tiene un id: PGID, que es el PID del *proceso líder del grupo*. Un *job* es un grupo de procesos.
- Como mucho, un grupo de procesos de la sesión está en primer plano en el terminal.
- El terminal manda las señales a todos los procesos del grupo que está en primer plano. P. ej. Ctrl-c
- Si un proceso de un grupo que no está en foreground intenta leer del terminal, se le manda un SIGTTIN y se quedará parado.

En el shell

Ejemplo:

```
$>  sleep 1000 | cat | wc &
[1] 6308
$> jobs
[1]+  Running                 sleep 1000 | cat | wc &
$> ps  j
 PPID   PID  PGID   SID TTY      TPGID STAT   UID   TIME COMMAND
 4381  4391  4391  4391 pts/0     6310 Ss    1000   0:00 /bin/bash
 4391  6306  6306  4391 pts/0     6310 S     1000   0:00 sleep 1000
 4391  6307  6306  4391 pts/0     6310 S     1000   0:00 cat
 4391  6308  6306  4391 pts/0     6310 S     1000   0:00 wc
 4391  6310  6310  4391 pts/0     6310 R+    1000   0:00 ps j
```

Sesión y grupos de procesos

- El grupo de procesos y la sesión se hereda del padre.
- Después de un `exec` se conserva el grupo de procesos.
- La llamada al sistema `setpgid` sirve para cambiar el grupo de procesos.
- La llamada al sistema `setsid` crea una nueva sesión, siendo el proceso llamador el líder.
- Para crear un *demonio* (un servicio), debemos crear una sesión y dejarlo sin terminal controlador. Eso lo hace la función `daemon` de la libc.

Llamada al sistema: kill

- `kill`: manda una señal a un proceso. Para poder hacerlo, el UID del proceso destino debe ser el mismo que el del proceso (o ser root), la única excepción es SIGCONT (pero el proceso deber ser descendiente).
- Si `pid` es 0, se pone la señal a todos los procesos del grupo de procesos al que perteneces. Si es -1, manda la señal a todos los procesos que se pueda menos a los del sistema y él mismo.

```
int kill(pid_t pid, int sig);
```

Llamada al sistema: killpg

- `killpg`: como la anterior, pero manda la señal a un grupo de procesos.

```
int killpg(pid_t pgrp, int sig);
```

Manejo de señales

Un proceso puede tener una señal:

- No bloqueada. En ese caso puede tener distintas acciones definidas:
  - La acción por omisión para dicha señal (ver tabla mostrada anteriormente).
  - Una acción acción especial: manejador de señal.
  - Ignorarla.
- Bloqueada. Si te ponen una señal, se queda pendiente de entregar (se entregará cuando se desbloquee).

Llamada al sistema: signal

- `signal`: Asigna una acción para una señal. Registra un manejador para una señal, pone su acción por omisión (SIG_DFL) o la marca como ignorada (SIG_IGN).
- Sobrescribe el estado anterior.
- Es una versión simplificada de `sigaction`. Usaremos `signal` por simplicidad.
- No es portable, difiere en distintos sistemas, y ha variado con el tiempo.

```
typedef void (*sig_t) (int);
sig_t signal(int sig, sig_t func);
```

Si no quieres esperar por tus hijos...

- Si tu programa no quiere esperar (llamar a `wait`) por los procesos que crea, se debe avisar al sistema para que no se queden **zombies**.
- Se hace ignorando la señal SIGCHLD.

```
signal(SIGCHLD, SIG_IGN);
```

Manejadores

- Los manejadores no retornan nada (`void`).
- Se usará la pila del proceso si no se dice lo contrario (p. ej. con `sigstack` de glibc).
- Como se pueden recibir señales mientras que se maneja una señal $\rightarrow$ manejador debe ser **reentrante**: se tiene que poder llamar de nuevo antes de que haya retornado. Para ello: usar con mucho cuidado las variables globales/estáticas, no debe llamar a funciones no reentrantes (p. ej. malloc, free, etc.), no modificar `errno`, ...
- Debería ser lo más pequeño que se pueda.
- Llamar sólo a funciones *async-signal-safe* (ver *signal-safety(7)*).

Conclusión: si no necesitas de verdad manejar señales, no lo hagas. Es más complicado de lo que parece.

Llamada al sistema: alarm

- `alarm`: programa un temporizador para recibir un SIGALRM. Llamando con el valor 0, se anula el temporizador. Si se llama dos veces, se sobrescribe el temporizador.
- Se usa para poner un *timeout*. Hay que usarlo con precaución y mesura.

```
unsigned int alarm(unsigned int seconds);
```

Interrumpiendo llamadas

- Algunas llamadas al sistema son *lentas*: el proceso se puede bloquear mientras realiza la llamada: read, write, open, etc.
- Si se pone una señal mientras que se está realizando una llamada al sistema lenta, la llamada fallará (es interrumpida).
- Se puede pedir que las llamadas al sistema lentas que lo soporten, sean reiniciadas (si es posible) cuando se recibe una señal.
- Esto se hace con `siginterrupt`: activa (0) o desactiva (1) el reinicio para una señal.

```
int siginterrupt(int sig, int flag);
```

Bloquear señales

- Las señales se pueden bloquear temporalmente en partes de nuestro programa en las que no queremos ser interrumpidos.
- **No es lo mismo** que ignorar la señal.
- Si una señal está bloqueada y se recibe, se queda pendiente de entregar. No se pierden.
- En ese caso, cuando desbloqueamos la señal, se entregará la pendiente.

Bloquear señales

- La **máscara de señales** del proceso indica qué señales están bloqueadas.
- Podemos modificar o ver las señales bloqueadas con la llamada al sistema `sigprocmask`.
- `sigpending` nos da el conjunto de señales que están pendientes de entregar.

Señales

- El kernel apunta los manejadores de señales en la estructura del proceso.
- Todo el estado del proceso relacionado con las señales se hereda del padre.
- Después de un `exec` se restablecen las acciones por omisión, pero se respeta la configuración sobre señales bloqueadas.

Señales

¿Cómo funcionan las señales?

1. La señal se entrega al entrar al kernel por cualquier motivo (llamada al sistema, interrupción, etc.) o al salir del kernel.
2. Se añade un *signal frame* en la pila que contiene el contexto actual del proceso (registros, etc).
3. Se mete en la pila un PC de retorno que corresponde al stub de la libc de la llamada al sistema `sigreturn`.
4. Se pone a ejecutar al manejador de la señal.
5. Cuando el manejador retorna, se retorna al stub de la llamada al sistema `sigreturn()`: se entra al kernel.
6. La llamada al sistema saca el *signal frame* de la pila y restaura el contexto.
7. Cuando se vuelva a planificar el proceso, continuará donde fue interrumpido.